Aus der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Der Einfluß von Hydrocortison auf die Entwicklung des Zahnvolumens bei der Albinoratte

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Armin Landenberger
aus Reutlingen

1970

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547609_0085

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Aus der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Der Einfluß von Hydrocortison auf die Entwicklung des Zahnvolumens bei der Albinoratte

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Armin Landenberger
aus Reutlingen

1970

Dekan: Prof. Dr. J. Hirschmann

1. Berichterstatter: Privatdozent Dr. H. Wörner
2. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. E. Fröhlich

FOTODRUCK PRÄZIS Barbara v. Spangenberg KG • Tübingen

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I. EINFÜHRUNG IN DIE FRAGESTELLUNG 1

II. EIGENE UNTERSUCHUNGEN 3

1. Das Untersuchungsgut und die Versuchsanordnung 3
2. Das Problem der Volumenbestimmung von Schmelz, Dentin und Pulpa bei Rattenmolaren 4
3. Die Entwicklung einer eigenen Methode zur näherungsweisen Volumenbestimmung unregelmäßig begrenzter, fester Körper 4
A. Das Prinzip 4
B. Die technische Durchführung 9
a) Die Schleifmaschine 9
b) Das Einbetten 11
c) Das Schleifen der Proben 11
d) Die Flächen- und Volumenbestimmung einer Schicht 12
C. Die Fehlerquellen und ihre Beseitigung 15
D. Die Fehlergrenzen der angegebenen Methode 16
4. A. Die Volumenbestimmung der Zahnhartsubstanzen bei Kontroll- und Versuchstieren 18
B. Ergebnisse der Volumenbestimmung von Schmelz, Dentin und Pulpa 21

III. DISKUSSION 24

IV. ZUSAMMENFASSUNG 26

V. LITERATURVERZEICHNIS 28

VI. ANHANG (BILDMATERIAL UND TABELLEN) 31

I. EINFÜHRUNG IN DIE FRAGESTELLUNG

Die Glucocorticoide finden bei der medikamentösen Therapie der verschiedenartigsten Krankheiten wegen ihrer antiphlogistischen, antiallergischen und antirheumatischen Wirkung breite Verwendung. Durch diese pharmakodynamische Therapie mit Dosen, welche weit über dem physiologischen Hormonbedarf liegen, wird nicht ein Grundleiden beseitigt, sondern nur die Symptome werden unterdrückt. Die Reaktionen des Mesenchyms, insbesondere Entzündung, Exsudation und Proliferation, werden gebremst.

Hydrocortison (Cortisol) ist ein lebenswichtiges Nebennierenrindenhormon aus der Gruppe der Glucocorticoide, das vor allem die Glucoseverwertung der peripheren Gewebe hemmt und die Neubildung von Glucose aus Aminosäuren steigert. Dadurch kommt es zu einer Erhöhung des Blutzuckerspiegels (diabetogene Wirkung) und zu einem verminderten Aufbau von Eiweiß (eiweißkatabole Wirkung). Die mangelhafte Eiweißsynthese führt zu einer schwerwiegenden Beeinträchtigung der Knochenbildung. Dies wurde von BECKS, H. und Mitarb. (1944) experimentell belegt, indem noch nicht ausgewachsenen Ratten ACTH (adrenocorticotropes Hypophysenvorderlappenhormon) injiziert wurde. Dadurch wird die Produktion von Cortisol in der Nebennierenrinde stimuliert. Auch die Untersuchungen von BAKER, B. L. und INGLE, D. J. (1948) zeigten eine deutliche Hemmung der Knorpel- und Knochenbildung bei mit ACTH behandelten erwachsenen Ratten.

Die hemmende Wirkung von Cortison auf das Körperwachstum und somit auf das Körpergewicht ist seit etwa 1940 in der Literatur bekannt. WELLS, B. B. und KENDALL, E. C. (1940) gehören zu den ersten, die dies in Versuchen mit Ratten feststellten. Auch die Ergebnisse von FOLLIS, R. H. Jr. (1951), PARMER, L. G. und Mitarb. (1951), sowie von FIELD, E. J. (1954) und anderen erwiesen, daß Cortison das Knochenwachstum zum Stillstand bringt oder verzögert und die Körpergröße von Ratten beeinflußt. Darin zeigt sich die Wirkung von Glucocorticoiden auf das gesamte mesenchymale System. Allgemein biochemisch ausgedrückt wird durch Glucocorticoide der Stoffwechsel des embryonalen Bindegewebes und seiner entwicklungsgeschichtlichen Differnzierungsformen verändert. Auf Grund der zentralen Stellung der

Mesenchymzelle während der Entwicklung eines Säugetierorganismus war eine Beeinflußung der Knochenbildung auch beim Menschen zu erwarten.

BREUER, H. (1965) beobachtete bei Kindern im Entwicklungsalter Verzögerungen des Skelettwachstums während der Corticoidtherapie. Da sowohl die Osteoblasten als auch die dentinbildenden Zellen vom Mesenchym abstammen, und da die Mineralisationsperiode des Zahnsystems beim Menschen vom 4. Foetalmonat bis etwa zum 14. Lebensjahre (BOENIG, H. 1965) dauert, kann eine Beeinflußung der Zahnentwicklung durch Corticoidtherapie mit Sicherheit nicht ausgeschlossen werden. Im Unterschied zu Knochenstrukturen ist Dentin keiner umbauenden Resorption unterworfen, wodurch ein Studium der Dentinzunahme erleichtert wird. Die Auswirkungen von Cortison auf die Dentinbildung wurden bisher jedoch kaum untersucht. Die Beobachtungen am Menschen sind zu uneinheitlich, um ein klares Ergebnis daraus ableiten zu können. Gezielte Untersuchungen am Menschen verbieten sich aus ethischen Gründen, und so bleiben nur Tierexperimente.

JOHANNESSON, L. B. (1964) hat sich als erster mit diesen Problemen beschäftigt. Er fand in einer Untersuchung an Rattenmolaren eine schwerwiegende Hemmung der Dentinapposition durch Cortison. Die Dentinzunahme wurde an unentkalkten, zentralen Schnitten in mesio-distaler Richtung der Molaren gemessen. Die Zufuhr von Cortison erfolgte mit der Nahrung.

WÖRNER, H. (1969) stellte in einer Studie bei Hamstern eine Reduktion des Zahnwurzelwachstums unter Hydrocortisoneinfluß fest und schloß aus dieser Beobachtung auf ein vermindertes Hartsubstanzvolumen dieser Zähne. Die Frage, wie Hydrocortisongaben die Zahnentwicklung quantitativ beeinträchtigen, blieb unberücksichtigt. Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist es nunmehr:

1. eine Methode zur detaillierten Volumenbestimmung der Hartsubstanzschichten von Zähnen dieser Größenordnung zu erarbeiten.

2. die Auswirkung von Hydrocortisongaben auf die Entwicklung des Schmelz-, Dentin- und Pulpavolumens getrennt zu erfassen.

II. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. DAS UNTERSUCHUNGSGUT UND DIE VERSUCHSANORDNUNG

Die in Tierexperimenten gewonnenen Ergebnisse dürfen nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse beim Menschen übertragen werden. Es war daher erforderlich, für unsere Untersuchungen eine Tierart zu wählen, die in Zahnentwicklung und Zahnstruktur dem Menschen vergleichbar ist. In der Kariesforschung wird seit langem erfolgreich mit Albinoratten gearbeitet. Wir entschlossen uns deshalb, für unsere Untersuchungen diese Tiere zu verwenden.

Da der Einfluß von Hydrocortison während der ganzen Entwicklungsphase eines Rattenmolaren untersucht werden soll, wird der 2. Molar (M_2) für die Volumenbestimmungen herangezogen. Die Mineralisation von M_2 beginnt erst nach der Geburt am ersten bzw. zweiten Lebenstage. Dieser Zahn erreicht bereits am 28. Tage nach der Geburt die Funktionalokklusion in der Mundhöhle und seine Mineralisation ist etwa am 35. Lebenstage abgeschlossen. (HAGEMANN, E. 1960, O. BRIEN, C. und Mitarb. 1958). Durch diese Auswahl wurden intrauterine Entwicklungsunterschiede weitgehend ausgeschlossen.

Für eine vergleichende Untersuchung ist es erforderlich, genetisch möglichst gleichartiges Tiermaterial zu verwenden. Wir sind daher so vorgegangen, daß wir aus jedem Wurf, der für die Untersuchung herangezogen wurde, zwei Kontrolltiere bestimmten. Alle übrigen Tiere, vier bis fünf an der Zahl pro Wurf, erhielten Hydrocortisonacetat unter die Rückenhaut injiziert. Die Injektionen von jeweils 0,01 ml Kristallsuspension ($\hat{=}$ 0,25 mg Hydrocortisonacetat Hoechst) erfolgten am 1., 3., 7., 15., 20., 25., sowie 30. Lebenstage. Bei dieser Versuchsanordnung ist der Einfluß von Hydrocortison für den 2. Molaren während der gesamten Entwicklungsperiode gewährleistet.

Die Albinoratten wurden in Drahtkäfigen gehalten und in regelmäßigen Zeitabständen gewogen. Nahrungs- und Flüssigkeitszufuhr erfolgten nach Belieben, wobei das für Ratten übliche Laborfutter verabreicht wurde. Nach 33 Lebenstagen, d. h. nach Abschluß des Zahnwurzelwachstums von M_2, wurden die Tierexperimente abgebrochen. Zu diesem Zeitpunkt waren aus sechs Würfen jeweils zwei Kontrolltiere und mindestens zwei mit Hydrocortison behandelte Tiere noch am Leben.

Die Tiere wurden getötet und ihre Köpfe in alkoholischer Lösung aufbewahrt. Im weiteren Verlaufe wurden die Kiefer herauspräpariert und nach erfolgter Präparation sofort wieder in die entsprechende Plastikflasche zurückgegeben. Jeweils der 2. Molar einer Unterkieferhälfte wurde extrahiert und bis zur Volumenbestimmung in alkoholischer Lösung belassen. Für die vorliegenden Untersuchungen standen 14 vergleichbare Zähne zur Verfügung, sieben 2. Molaren von Kontrolltieren und sieben von Cortisontieren.

2. DAS PROBLEM DER VOLUMENBESTIMMUNG VON SCHMELZ, DENTIN UND PULPA BEI RATTENMOLAREN

Unterkiefermolaren von Ratten sind nicht geometrische, komplizierte Hohlkörper. Die Zähne besitzen zwei Wurzeln und eine Krone, deren Höckerspitzen im Gegensatz zu menschlichen Molaren nicht von Schmelz bedeckt sind. In dem Hohlraum unterschiedlicher Größe befindet sich die Pulpa. Die Grenze zwischen den Hartsubstanzen Schmelz und Dentin liegt in der Tiefe. Die Größe eines Rattenmolaren entspricht etwa der eines Zylinders mit 1 Millimeter Radius und 3 Millimeter Höhe. Eine Volumenbestimmung nach dem Prinzip der Flüssigkeitsverdrängung (archimedisches Prinzip) scheidet aus folgenden Gründen aus:

1. Das Foramen apicale ist bei Rattenmolaren nur als kapillärer Spalt vorhanden.
2. Das Volumen von Schmelz und Dentin läßt sich nicht getrennt voneinander bestimmen.

3. DIE ENTWICKLUNG EINER EIGENEN METHODE ZUR NÄHERUNGSWEISEN VOLUMENBESTIMMUNG UNREGELMÄSSIG BEGRENZTER, FESTER KÖRPER

A. Das Prinzip

Es wird von der Idee ausgegangen, das Volumen eines nicht geometrischen, komplizierten Hohlkörpers zu bestimmen, indem man diesen in viele planparallele Schichten unterteilt. Das Volumen einer einzelnen Schicht erhält man durch Multiplikation der Grundfläche mit der Schichthöhe. Durch Aufaddieren der Einzelschichten läßt sich näherungsweise das Gesamtvolumen er-

rechnen. Die Unterteilung in Schichten ist nötig, um die gegeneinander deutlich abgegrenzten Bestandteile eines Zahnes, nämlich Schmelz, Dentin und Pulpa in ihrem Volumen im einzelnen zu bestimmen. An Hand nachfolgender Beispiele (Zylinder und unregelmäßige Hohlkörper) sei das zusammen mit WÖRNER, H. (1969) entwickelte Verfahren für verschiedene Situationen kurz erläutert:

1. Volumenbestimmung eines Zylinders:

   a) auf dem Mantel liegend (vgl. Abb. 1):

   Bei Schichtunterteilung parallel zur Auflagefläche ergeben sich Trapezkörper. Durch erhöhte Anzahl der Trapezkörper (Trapeze) wird Annäherung an den Zylinder (Kreis) erreicht.

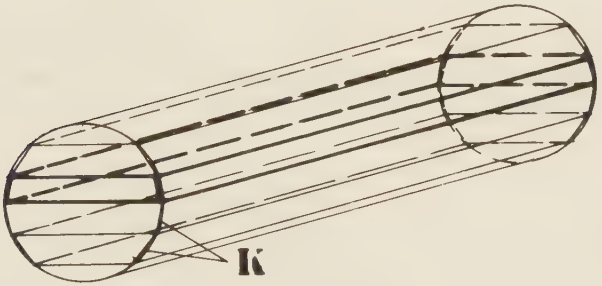


Abb. 1
Zylinder auf dem Mantel liegend,
in Trapezkörper unterteilt

Die Grundfläche eines Trapezes läßt sich in ein Rechteck verwandeln (vgl. Abb. 2). Für den Flächeninhalt gilt die Formel:

$$F = m \cdot h = \frac{1}{2}(a + c) \cdot h$$

m = Mittelparallele des Trapezes
h = Höhe

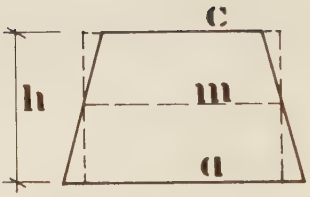


Abb. 2
Flächenumwandlung Trapez in Rechteck

Daher gilt für das Volumen des Trapezkörpers die Beziehung:

$$V = \frac{1}{2}(A + C) \cdot h = \frac{A + C}{2} \cdot h,$$

wobei A und C die beiden verschiedenen Grundflächen des Trapezkörpers (Schichtflächen) sind und h der Schichtabstand (vgl. Abb. 3).

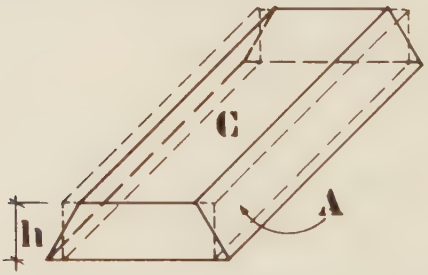


Abb. 3
Flächenumwandlung Trapezkörper in Quader

b) auf der Grundflächenkante stehend (vgl. Abb. 4):

Bei Schichtunterteilung parallel zur Aufstehfläche ergeben sich Zylinderhufstümpfe bzw. elliptische, schiefe Zylinder. Auf eine hinter dem Zylinder senkrecht stehende, gedachte Ebene projiziert, entstehen aus einem Zylinderhufstumpf ein Trapez, aus einem elliptisch schiefen Zylinder ein Parallelogramm.

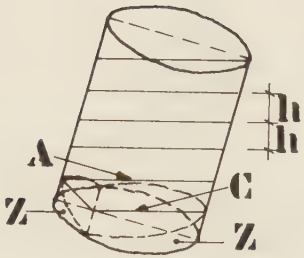


Abb. 4
Zylinder auf der Grundflächenkante
stehend in Schichten unterteilt

Wird nun ein Zylinderhufstumpf näherungsweise wie ein Trapezkörper berechnet, so gilt wiederum:

$$V = \frac{A + C}{2} \cdot h$$

Die Flächenformel eines Parallelogramms ist:

$$F = g \cdot h$$

Demnach beträgt das Volumen eines elliptischen, schiefen Zylinders:

$$V = G \cdot h = \frac{G + G}{2} \cdot h,$$

wobei G die elliptische Grundfläche (Schichtfläche) darstellt.

Bei der unter 1. a) und 1. b) angegebenen Unterteilung eines Zylinders in Schichten bleiben Restvolumina unberücksichtigt. Bei 1. a) Kreisabschnittskörper (vgl. K in Abb. 5 bzw. Abb. 1), bei 1. b) Zylinderhufe (vgl. Z in Abb. 6 bzw. Abb. 4).

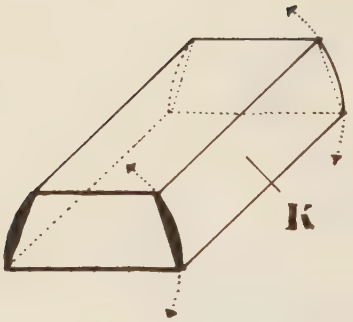


Abb. 5
Ausschnittvergrößerung
aus Abb. 1

Abb. 6
Ausschnittvergrößerung
aus Abb. 4

In jedem Falle also wird das durch Schichtunterteilung und Addition der Teilvolumina erhaltene Volumen kleiner sein als das Gesamtvolumen eines Zylinders. Die Differenz wird mit zunehmender Anzahl der Schichten (entspricht geringerer Schichthöhe) kleiner, da sich die Restvolumina verringern.

2. Volumenbestimmung eines unregelmäßigen, nicht geometrischen Hohlkörpers:

   Unregelmäßig gestaltete Hohlkörper (vgl. Abb. 7) z. B. Zähne, werden durch Zerlegung in Pyramiden- oder Kegelstümpfe berechnet. Es gilt die Beziehung:

$$V = \frac{h}{3} \left(GF_1 + \sqrt{GF_1 \cdot GF_2} + GF_2 \right)$$

   (GF = Grundfläche)

   Wird der Schichtabstand h möglichst klein gehalten, d. h. $h \to 0$, so kann dieser Ausdruck durch $\frac{h}{2} (GF_1 + GF_2)$ angenähert werden.

Abb. 7
Unregelmäßig gestalteter
Hohlkörper

B. Die technische Durchführung

Die Unterteilung in Schichten erfolgt, indem man den Versuchskörper jeweils um eine bestimmte Höhe mit einer dafür geeigneten Maschine abschleift. Als Problem zeigte sich zunächst die Entwicklung einer einfachen und soliden Schleifmaschine für Körper der Größe eines Rattenmolaren.

a) Die Schleifmaschine

In Anlehnung an eine primitive Schleifmaschine, die mehr zur Politur von medianen Zahnlängsschnitten von KLAUS, H. D. (1964) angegeben ist, ergab sich im wesentlichen folgende Konstruktion (vgl. Abb. 8).

Auf einer massiven Sperrholzplatte ist ein im rechten Winkel geschweißtes, nach oben offenes U versenkt montiert (a). Der Rahmen wird vervollständigt durch den nach Lösen der beiden Flügelschrauben abnehmbaren Querträger (b). Durch (a) und (b) wird eine in Messingbuchsen gelagerte Achse (c) geführt. An dieser ist die Trägerscheibe (d), die Antriebsschnecke (e), sowie an ihrem oberen Ende eine Auflageplatte (f) für Gewichte montiert. Die Trägerscheibe (d) kann mit vier Schüsseln (g) beschickt werden, die bei Betrieb der Maschine auf der Glasplatte (h) einen kreisförmigen Schleifweg zurücklegen. Die Schüsseln selbst sind in ihrer Höhe verstellbar und dienen zur Aufnahme des in einen Gipsblock eingebetteten Schleifkörpers (z. B. Zahn). Die Glasplatte (h) ist an ihrer äußeren Umrandung und um das Bohrloch im Zentrum mit Abdämmleisten versehen, um eine Verschmutzung der Maschine und des Achslagers durch Schleifrückstände zu vermeiden. Die Applikation von Schleifpulver und Wasser erfolgt mit Einmalspritzen.

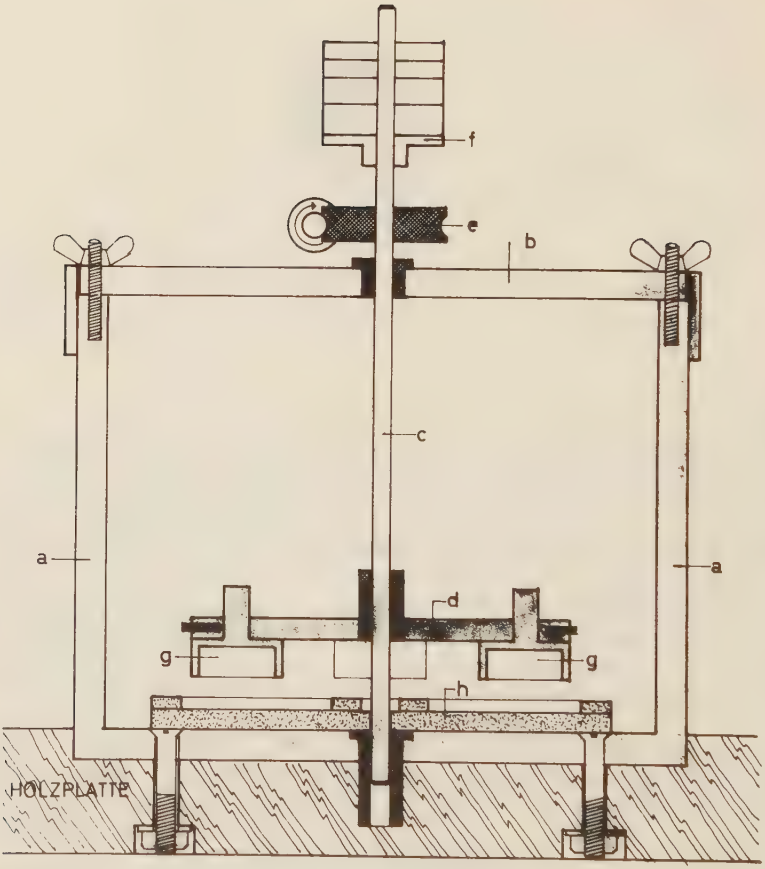


ABB.8 SCHNITT

SCHLEIFMASCHINE OHNE MOTOR

MESSING
STAHL

Der Antrieb der Maschine erfolgt über Schnecke und Rolle. Als Antriebsquelle dient ein Elektromotor, auf dessen speziell angefertigtem Flansch die Rolle montiert ist. Der Motor selbst sitzt auf einem mit der Sperrholzplatte verschraubten Brett unmittelbar neben der Maschine, so daß der Antrieb schlagartig durch Wegschieben von der Schnecke unterbrochen werden kann. Durch Schnecke und Rolle erfolgt eine Reduktion der 1500 Umdrehungen pro Minute des Elektromotors auf 1/20. Durch die Bremswirkung der Schleifmaschine er-

geben sich in der Praxis durchschnittlich 60 Umdrehungen pro Minute, gemessen an der Trägerscheibe während des Schleifvorganges mit einer Schüssel und dem zusätzlichen Achsgewicht von 560 Gramm.

Die Maschine ist mit einfachen Mitteln zerlegbar, so daß z. B. das Herausnehmen der Glasplatte zum Austausch, oder auch nur zur Reinigung von Schleifrückständen, ohne weiteres möglich ist. Die technische Ausführung der Rahmenkonstruktion wurde von der Firma Zweigle KG in Reutlingen besorgt, die normalerweise Textilprüfmaschinen herstellt. Dies war notwendig, um eine saubere Verarbeitung zu gewährleisten, was für exaktes Schleifen wichtig ist. Im übrigen ist die Maschine auf vielseitige Verwendung ausgelegt, so z. B. zum Schleifen von menschlichen Zähnen mit Füllungen für Untersuchungen der Randdichte, oder für das Aufarbeiten von Prüfkörpern, bzw. zum Glattschleifen von Rattenkieferhälften für nachfolgende Härtemessungen.

b) Das Einbetten

Um exakte Schichten zu erhalten, muß der Schleifkörper unverschieblich in die Schüssel eingebettet werden. Dies wird folgendermaßen erreicht: Eine Glasplatte wird zur Vermeidung der Adhäsion dünn mit Vaseline bestrichen. Darauf wird wenig Paladur (selbsthärtender Prothesenkunststoff) in sahniger Konsistenz aufgetragen, so daß beim Auflegen des Schleifkörpers dieser nicht bis zum Grund durchsackt. Der Schleifkörper wird nun mit zunächst tropfendem Paladur langsam überschichtet, in das während der Abbindephase unter sich gehende Stellen angebracht werden, um eine sichere Fixation im Gips zu gewährleisten. Über den völlig ausgehärteten Kunststoffblock wird die mit Hartgips angefüllte Schüssel gestülpt. Die Schüssel selbst ist an den Wänden mit einem dünnen Pappstreifen ausgekleidet, der die Schüsselhöhe um einiges überragt. Er dient als Schalung für den noch weichen Gips und kompensiert die Abbindeexpansion des Gipses im Schüsselinnern. So ist eine absolut sichere Fixation des Gipsblockes in der Schüssel gewährleistet und seine Entfernung nach Aufarbeiten des Schleifkörpers ist leicht möglich. Der Pappstreifen wird nach Abbinden des Gipses auf Höhe des Schüsselrandes abgeschnitten und entfernt. Die Schüssel kann nun in die Schleifmaschine eingesetzt werden.

c) Das Schleifen der Proben

Die Trägerscheibe der Maschine wird nur mit einer Schüssel versehen, um den Schleifvorgang überschaubar zu gestalten. Jede Probe wird für sich ein-

zeln aufgearbeitet. Als Schleifmittel wird Karborundumpulver der Korngröße SC 400 (Firma Naxos, Salzgitter) und Wasser verwendet. Auf eine Politur der Oberfläche wird verzichtet, da eine Schmelz- bzw. Dentinstrukturdarstellung im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht geplant ist.
Die genaue Kontrolle der abgeschliffenen Schichthöhe erfolgt mit einer Mikrometerschraube, die 1/100 mm anzeigt. Dazu wird die Schüssel der Maschine entnommen. Die Schleifrückstände werden unter fließendem Wasser abgespült und die Schlifffläche mit Zellstoff getrocknet. Der Block (Schüssel mit eingebetteter Probe) wird nun in die Mikrometerschraube eingelegt. Die abgeschliffene Schichthöhe ergibt sich als Differenz der beiden Messungen vor und nach dem Abschleifen.

d) Die Flächen- und Volumenbestimmung einer Schicht
Um die detaillierte Flächenbestimmung der einzelnen Schichten unabhängig vom Schleifvorgang durchzuführen, suchten wir nach einer Methode, ein dauerhaftes, exaktes Abbild der jeweiligen Schichtfläche in Originalgröße zu erhalten. Dadurch kann die Flächenbestimmung später zur Kontrolle beliebig wiederholt werden und der Schleifvorgang wird nur unwesentlich unterbrochen. Ein bewährtes Verfahren fand sich in der Replica-Methodik. Diese histologische Technik ermöglicht es, eine Oberfläche durch Folienabdrücke zu dokumentieren.

Oberflächenabdrücke wurden erstmals von WOLF, J. (1939) angegeben. Die Replica-Technik geht auf PANTKE, H. (1956) zurück und wird auch als Adhäsionsreliefmethode bezeichnet. Im Unterschied zu Dünnschliffpräparaten von Zähnen wird nur eine Ebene abgebildet. Somit sind Serienfolgen des unentkalkten Präparates möglich, wenn dieses in meßbaren Abständen heruntergeschliffen wird.
BURCKHARDT, W. (1964) schreibt zusammenfassend in seiner Arbeit über "Anwendbarkeit und Grenzen der Oberflächenhistologie (Replica-Methodik) an Zahnschliffen" folgendes:
"Die Replica-Methodik reicht in ihrer Genauigkeit für lichtmikroskopische Untersuchungen bei weitem aus." Er verweist außerdem auf die besondere Eignung dieser Methodik zur Darstellung von Zahnhartsubstanzgrenzen.

In Anlehnung an die Untersuchungen von BURCKHARDT, W. (1964) und KLAUS, H. D. (1964) wird die Replica-Methodik in der vorliegenden Arbeit folgendermaßen angewendet:
Der Schleifblock wird nach dem Messen seiner Höhe mit 1n HCL angeäzt. Die

Säure wird mit der Pipette so aufgebracht, daß der Schleifkörper und seine Umgebung von HCL bedeckt sind. Nach 30 Sekunden wird unter fließendem Wasser abgespült und der Block mit Zellstoff getrocknet. Es zeigt sich, daß Paladur überhaupt nicht und Schmelz stärker als Dentin angeäzt werden. Mit einer zweiten Pipette werden nun einige Tropfen Methylacetat (Essigsäuremethylester) auf die Schlifffläche gegeben. Ein Streifen Acetobutyratfolie (Triafol, BN, Stärke 0,03 mm, Bayer Leverkusen) wird von der Seite mit einer Pinzette so aufgeschoben, daß der Paladurblock ganz davon bedeckt ist. Die überschüssige Flüssigkeit wird sofort am Rande mit Zellstoff abgesaugt, um ein Aufwerfen der Folie und Blasenbildung möglichst zu vermeiden. Da Paladur kein Methylacetat absorbiert und nicht angelöst wird, sind die Abdrücke nahezu beliebig wiederholbar. Ein Festkleben der Folie an der Grenze zwischen Paladur und Gips kann verhindert werden, indem schon beim Einbetten in Paladur darauf geachtet wird, daß während des Schleifens keine dünn auslaufenden Paladurränder entstehen. Die mit der matten Seite auf den Schliff aufgebrachte Folie wird nach frühestens vier Minuten Trockenzeit vorsichtig, von einer Seite beginnend, mit der Pinzette abgezogen. Die Folie wird beschnitten und mit der glatten Seite nach oben auf einen Objektträger gelegt. Das Deckglas wird mit Tesafilm befestigt.

Die im Triafolabdruck festgehaltenen Grenzen der einzelnen Hartsubstanzschichten müssen nunmehr vermessen werden. Da es sich um Durchsichtpräparate handelt, ist dies nicht allzu schwierig. Mit Hilfe eines handelsüblichen Kleinbildvergrößerungsgerätes können diese im Abdruck fixierten Grenzen auf photomechanischem Wege in beliebiger Vergrößerung wiedergegeben werden. Es ist bei vergleichenden Untersuchungen erforderlich, denselben Maßstab anzuwenden. Für unsere Untersuchungen wählten wir den Vergrößerungsmaßstab 1 : 16,3. Um bei jeder Präparatserie dieselben Verhältnisse herstellen zu können, sind wir folgendermaßen vorgegangen: Ein Netzmikrometer (optisches Gitter der Firma Sass, Berlin, Netzlinienabstand 2/10 mm) wird auf einen Objektträger gelegt und in das Vergrößerungsgerät an Stelle eines Films eingeschoben. Das Gitter erscheint beim Belichten als Schattenbild auf der Bodenfläche des Stativs für das Vergrößerungsgerät. Nun wird ein breiter Film auf die Bodenfläche gelegt, belichtet und entwickelt. Mit dem Originalgitter und dem Filmgitter als Schablone ist es jederzeit möglich, das Vergrößerungsgerät auf unseren Maßstab einzustellen. Dies war notwendig, da die Apparatur zwischenzeitlich für andere Zwecke benutzt wurde. Die Durchsichtpräparate werden wie Filmnegative auf Photopapier übertragen. Dadurch wird erreicht, die Flächenbestimmungen unab-

hängig vom Vergrößerungsgerät durchzuführen und beliebig zur Kontrolle zu wiederholen. Bei dem von uns gewählten Vergrößerungsmaßstab entspricht 1 mm auf dem Originalgitter 16,3 mm auf dem Filmgitter. Der Flächeninhalt unseres Originalgitters beträgt 25 mm^2 und ist in kleine Quadrate mit 4/100 mm^2 unterteilt. 25 kleine Quadrate ergeben folglich die Fläche von 1 mm^2. Durch Auflegen des auf einem Filmnegativ abgebildeten Gitters auf die Vergrößerung und Auszählen der Einzelquadrate in den Grenzen von Schmelz, Dentin und Pulpa können die jeweiligen Flächen bestimmt werden. Dieses Verfahren ist aber ungenau und unrationell.

Zur Bestimmung von Flächen auf Lageplänen wird vom Geometer vielfach ein sogenanntes Polarplanimeter benutzt. Mit diesem Gerät kann der Flächeninhalt ebener Figuren durch einfaches Umfahren der Fläche festgestellt werden. Wir haben uns dieses Verfahren zunutze gemacht. Für unsere Zwecke eignet sich am besten ein Polarplanimeter mit Kugelpol und Fahrlupe, wobei der jeweilige Flächeninhalt an der Meßrolle in Noniuseneinheiten (NE) abgelesen wird. In der vorliegenden Untersuchung wird ein Gerät der Firma Ott (Kempten, Allgäu) mit einstellbarem Fahrstab benutzt (vgl. Abb. 9).

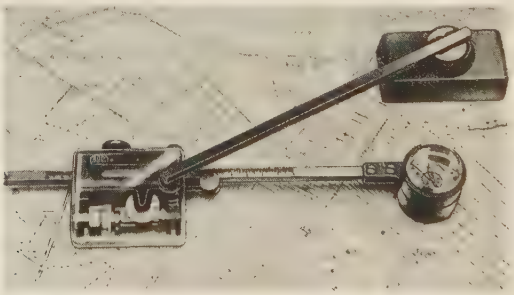


Abb. 9
Ott-Polarplanimeter mit Kugelpol und Fahrlupe.
Der Polstab ist fest, der Fahrstab einstellbar.

Es wird die kleinste, für unseren Umfahrungsbereich noch ausreichende Fahrstabeinstellung gewählt. Wir arbeiteten mit einer Fahrstablänge von 8 cm. Dadurch wird die Meßgenauigkeit erhöht. Aus demselben Grunde werden die Hartsubstanzgrenzen auf jedem der 350 Photos mit Tusche nachgezeichnet, was zusammen mit der Fahrlupe ein präzises Arbeiten auf kleiner Fläche ermöglicht. Jede Fläche wir einmal im Uhrzeigersinn umfahren und nach erfolgter Ablesung an der Meßrolle noch einmal im Gegenuhrzeigersinn. Stellt sich dabei die Meß-

rolle nicht genau auf null zurück, so muß der ganze Vorgang wiederholt werden. Insgesamt wurden mehr als 900 verschiedene Flächen bestimmt.

C. Die Fehlerquellen und ihre Beseitigung

Die Methode wurde zunächst mit Körpern bekannten Volumens erprobt. Als Prüfkörper wurden Zylinder mit 1 mm Radius und 3 mm Höhe verwendet. Diese Ausmaße entsprechen etwa der Größe eines Rattenmolaren. Nach Versuchen mit Kuhhorn und Elfenbein erwies sich schließlich Geweih von Rotwild als geeignetes, zahnähnliches Rohmaterial. Es ist billig und einfach zu beschaffen sowie auf der Drehbank exakt zu bearbeiten, da es von genügender Härte und Kantenschärfe ist, weder ausfasert, noch von weichem Mark durchsetzt ist.

Das übliche Verfahren, den Schleifkörper in weiches Hartklebewachs einzudrücken und darüber die mit Hartgips angefüllte Schüssel zu stülpen (KLAUS, H. D. 1964), erwies sich für unsere Zwecke als völlig unzureichend. In Vorversuchen wurden wiederholt mehr Schichten erhalten, als entsprechend der Lage des Prüfzylinders zu erwarten waren. Dies kann nur durch Eindrücken des Schleifkörpers in das Hartwachs während des Schleifvorganges erklärt werden. Dabei ist die geringe Größe eines Rattenmolaren im Vergleich zu menschlichen Zähnen sicher von Bedeutung. Mehrmals wurde auch ein seitliches Verschieben des Schleifkörpers im Wachsblock festgestellt. Dies war erkenntlich an einer rauhen Wachsoberfläche nach dem Schleifen und einem vom Prüfkörper in Gegenschleifrichtung ausgehenden Schweif, der auch noch nach dem Abspülen mit Schleifmittel verschmutzt blieb. Aus weiteren Voruntersuchungen mit Kerrmasse (zähes, thermoplastisches Abdruckmaterial), sowie selbsthärtendem Paladur-Prothesenkunststoff, wurde die eingangs beschriebene Modifikation entwickelt.

Die Einbettung in Paladur ermöglicht eine absolut sichere Lage im Block. Der Schleifkörper ist überall dicht von Material umschlossen und seine Lage kann jederzeit, schon während des Einbettens, kontrolliert werden, da Paladur in dünner Schicht durchsichtig ist. Es ist darauf zu achten, daß der Schleifkörper beim Einbetten nicht unmittelbar auf der Oberfläche der Glasplatte zu liegen kommt. Dadurch wird ein exaktes Anschleifen des später in der Mitte der Grundfläche des Blockes liegenden Schleifkörpers ermöglicht. Dies ist notwendig, um sicherzustellen, daß bei mangelnder Parallelität zwischen Unterfläche des Gipsblockes und Glasplatte der Schleifmaschine die Messungen mit der Mikrometerschraube erst beginnen, wenn der Zahn wirklich angeschliffen ist.

Um Routinearbeiten rationell und mit größtmöglicher Genauigkeit durchzuführen, war unsere Methode folgendermaßen verfeinert:

1. Der Schleifblock (Schüssel mit eingebetteter Probe) wird immer in derselben horizontalen Stellung in der Trägerplatte fixiert. Um dies zu gewährleisten, trägt die Schüssel auf ihrem äußeren Umfang ein Kennzeichen. Sie wird jeweils mit diesem Kennzeichen in Position A (Markierung in der vorderen, rechten Ecke der Glasplatte) eingesetzt. In der Höhe wird der Schleifblock so eingestellt, daß bei Betrieb die Antriebsrolle genau in der Schnecke läuft. Dadurch wird ein ausgeglichener Lauf der Maschine erreicht.
2. Die Schleifzeit wird mit der Stoppuhr eingehalten. Durch gleiche Schleifzeiten wird erreicht, jeweils eine Schicht abzuschleifen. Die Schleifleistung der Maschine wurde in Vorversuchen ermittelt. Sie hängt im wesentlichen ab von:
   a) Schleifzeit ist proportional dem Schleifweg
   b) Position der Schüssel auf der Trägerscheibe
   c) Grad der Verschmutzung des Schleifmittels durch Schleifrückstände (Gips-Paladur)
   d) Zeitliche Folge der Applikation von Schleifmittel.
3. Die abgeschliffene Schichthöhe wird immer an derselben Stelle der Schüssel gemessen. Dies wird erreicht, indem das Kennzeichen der Schüssel auf die gedachte Verlängerung der Skala der Mikrometerschraube zu liegen kommt. Dabei liegt der Zapfen der Schüssel direkt unter dem fixen Pol der Mikrometerschraube. Der bewegliche Pol wird auf die Schliffläche des Blockes aufgeschraubt.
4. Wir fixieren jeweils 2 Oberflächenabdrücke auf einem Objektträger, einen links und einen rechts, so daß Doppelpräparate entstehen. Dies ermöglicht eine rationelle Durchführung der photomechanischen Vergrößerung der Oberflächenabdrücke.

D. Die Fehlergrenzen der angegebenen Methode

Um die Fehlergrenzen unserer Methode zu ermitteln, führten wir eine Leitstudie mit 6 Prüfzylindern durch. Einer davon wird auf der Grundfläche stehend, einer auf dem Zylindermantel liegend und die restlichen 4 in verschiedener Schräglage auf der Grundflächenkante stehend, eingebettet. Alle 6 werden in Schichten von 2/10 mm Höhe abgeschliffen und nach der in Kapitel 3. B. angegebenen Methode zu Photographien aufgearbeitet. Die

Messung der Flächeninhalte erfolgt mit dem Polarplanimeter, wobei jeweils eine Ecke einer photomechanisch vergrößerten Schlifffläche als Startpunkt gewählt wird bzw. bei kreisförmigen Flächen eine Markierung auf dem Kreis. Die Tabellen im Anhang geben Auskunft über die Flächeninhalte der einzelnen Schichten in Noniuseinheiten (NE).

Zur Ausrechnung des Volumens einer Prüfkörperschicht wird jeweils ein Flächenwert mit dem darauf folgenden addiert und gemittelt. Der so erhaltene Wert wird mit 0,2 multipliziert, da ja der Schichtabstand 2/10 mm beträgt. Dieses Rechenverfahren entspricht dem in Kapitel 3. A. angegebenen Prinzip. In der Praxis ergibt sich die Ausrechnung des Volumens einer Prüfkörperschicht in der Relativmaßeinheit durch einfache Division der Summe zweier aufeinander folgender Flächenwerte durch 10. Dies erklärt sich aus der Formel für das Volumen eines Trapezkörpers.

$$V = \frac{A + C}{2} \cdot h; \text{ also : } V = \frac{A + C}{2} \cdot \frac{2}{10} = \frac{A + C}{10}$$

In unserem Falle gilt h = 2/10 mm.
Das Gesamtvolumen eines Prüfzylinders in der Relativmaßeinheit erhält man durch Addition der Schichtvolumina.

68 NE entsprechen 1 mm^2. Dieses Verhältnis wurde ermittelt, indem auf dem Filmgitter (vgl. S. 13) mehrmals 1 mm^2, jeweils aus 25 verschiedenartig zueinander geordneten Quadraten bestehend, mit dem Polarplanimeter umfahren wurde. Demnach erhält man das Volumen in mm^3 durch Division mit dem Faktor 68. Die Ausrechnungen wurden mit dem Rechenschieber durchgeführt und sind in den Tabellen im Anhang enthalten.
Die Ergebnisse der Leitstudie sind nachstehend zusammengefaßt:

PRÜFKÖRPER

Präparat-serie Nr.	A tatsächliches Volumen in mm^3 (errechnet)	B ermitteltes Volumen in mm^3	C Differenz A - B in % (A ≙ 100%)
1	9,42	8,14	14
2		8,53	10
3		8,20	13
4		8,18	13
5		8,45	10
6		8,69	8
arithmetischer Mittelwert	9,42	8,40	11%

Abweichung des höchsten vom niedrigsten ermittelten Volumen:

$$\begin{array}{r} 8,69 \mathrel{\hat{=}} 100\% \\ -\ 8,14 \mathrel{\hat{=}} 94\% \\ \hline \text{Differenz:} \quad 6\% = \pm\ 3\% \end{array}$$

Für das Volumen der 6 aufgearbeiteten Prüfkörper wurde ein Mittelwert von 8,4 mm^3 erhalten. Das tatsächliche Volumen eines Prüfzylinders mit dem Radius 1 mm und der Höhe 3 mm (entspricht $\approx$ Größe eines Rattenmolaren) beträgt - nach der Formel $V = \pi\ r^2 \cdot h$ - 9,42 mm^3. Die Differenz zwischen dem Mittelwert der Volumenbestimmungen und dem errechneten Wert ergibt 11%. Sämtliche ermittelten Werte liegen, wie erwartet, unter dem errechneten Wert. Dies berechtigt zur Annahme eines komplexen, methodischen Fehlers. Vermutlich sind daran unter anderem beteiligt:

1. Volumensverlust durch Nichtberücksichtigung der Restvolumina
2. Volumenverlust beim Anschleifen des Körpers bzw. am Ende des Schleifens der letzten Schicht
3. Volumenverlust, da das Polarplanimeter beim Bestimmen kleiner Flächen nicht ganz exakt arbeitet.

Wie aus der Tabelle hervorgeht, weicht das höchste vom niedrigsten ermittelten Volumen nur 6% ab. Das mittlere Volumen eines Prüfzylinders beträgt demnach 8,4 $mm^3 \pm 3\%$. Auf Grund dieser geringen Abweichung läßt sich die in dieser Arbeit besprochene Methode als geeignetes Relativverfahren zur Volumenbestimmung von Rattenmolaren rechtfertigen.

4.

A. Die Volumenbestimmung der Zahnhartsubstanzen bei Kontroll- und Versuchstieren

Insgesamt haben wir 14 Zähne untersucht, sieben 2. Molaren von Kontrolltieren und sieben von Cortisontieren. Alle Zähne dieser Hauptuntersuchung wurden vor dem Einbetten in Paladur mit der Mikrometerschraube in ihrer größten mesio-distalen, occlusal-apicalen und bucco-lingualen Ausdehnung gemessen. Diese Meßwerte sind als Fußnote der betreffenden Tabelle mit den Flächenwerten im Anhang aufgeführt. Der Wert für die bucco-linguale Aus-

dehnung läßt die Anzahl der zu erwartenden Schichten erkennen, da die Zähne ausschließlich auf ihrer buccalen bzw. lingualen Fläche liegend, eingebettet werden. Sie werden in Schichten von 1/10 mm Höhe abgeschliffen, um die Genauigkeit durch die größere Anzahl der Schichten zu erhöhen. Die Schichtflächen werden durch Triafolabdrücke dokumentiert und im Maßstab 1 : 16,3 auf Photopapier übertragen.

Vor der Flächenbestimmung mit dem Polarplanimeter werden die Hartsubstanzgrenzen auf jeder Photographie mit Tusche nachgezeichnet (vgl. Photoserie eines Molaren im Anhang). Alle Umfahrungen der Flächen mit der Lupe werden jeweils an der auf der Photographie linken Schmelz-Dentingrenze bzw. einer entsprechenden Markierung auf der Pulpa-Dentingrenze begonnen (in Abb. 10 mit Start angegeben).

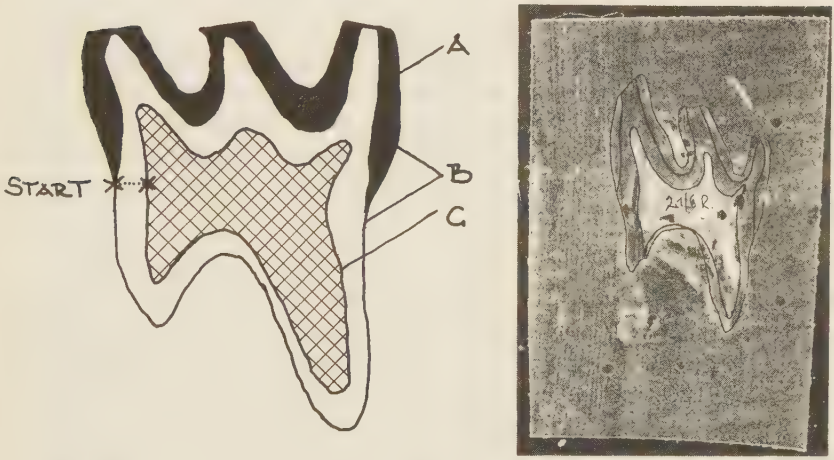


Abb. 10
Schemazeichnung zur detaillierten Flächenbestimmung eines Molaren, daneben Originalphotographie; A, B und C sind geschlossene Umfahrungslinien im Sinne des Polarplanimeters (Erklärung im folgenden Text).

Generell wird erstrebt, möglichst große Flächen zu bestimmen, was sich auf die Genauigkeit der Messungen günstig auswirkt. Deshalb gingen wir folgendermaßen vor (vgl. Abb. 10):

a) Bestimmung der Schmelzfläche:
Der Flächenanteil des Schmelzes wird indirekt bestimmt als Differenz zwischen der Gesamtfläche (Umfahrungslinie A) und der von B eingeschlossenen Fläche.

b) Bestimmung der Dentinfläche:
Der Flächenanteil des Dentins wird indirekt bestimmt als Differenz zwischen der von B eingeschlossenen Fläche und der Pulpafläche.

c) Bestimmung der Pulpafläche:
Der Flächenanteil der Pulpa wird direkt bestimmt durch Umfahren mit dem Polarplanimeter entlang der Linie C (Pulpa-Dentingrenze).

Insgesamt wurden über 1800 Flächenbestimmungen durchgeführt. Die Spalten der Tabellen im Anhang sind entsprechend den Bezeichnungen in Abb. 10 überschrieben.

Die letzte Schicht der Zähne ging bisweilen für Oberflächenabdrücke verloren. Dies geschah meist beim Abspülen mit Wasser oder beim Abziehen der Triafolfolie. Der Grund dafür liegt in der ungenügenden Haftung der äußeren Schmelzoberfläche an Paladur-Kunststoff. In diesem Falle erscheint in der jeweiligen Tabelle der zuletzt gemessene Noniuswert so oft, bis die Anzahl der zu erwartenden Präparate erfüllt ist.

Die Zähne wurden jeweils um 1/10 mm in bucco-lingualer Richtung abgeschliffen. Durchschnittlich ergaben sich pro Zahn etwa 20 Schichten. Da der Schichtabstand so gering gewählt wurde, kann das Schmelzvolumen einer Schicht durch einfache Multiplikation der entsprechenden Schichtfläche mit 1/10 mm Schichthöhe näherungsweise errechnet werden. Die Fläche wurde in Noniuseinheiten bestimmt, und demnach erhält man das Volumen in der Relativmaßeinheit. Dasselbe gilt für die Berechnung des Dentin- bzw. Pulpavolumens einer Schicht. In der Praxis ergibt sich die Ausrechnung des Schmelz- bzw. Dentin- bzw. Pulpavolumens eines Zahnes in mm^3 durch einfache Division der Summe der Flächenwerte der betreffenden Spalte durch 680. Dies erklärt sich aus dem Verhältnis 68 NE $\hat{=}$ 1 mm^2 und dem Schichtabstand 1/10 mm.

Beispiel:
$$\frac{F}{68}\,[mm^2] \cdot \frac{1}{10}\,[mm] = \frac{F}{680}\,[mm^3]$$

Setzen wir F = 680, so ergibt sich $\frac{680}{680} = 1\ mm^3$.

F = Summe der Flächenwerte von Schmelz, bzw. Dentin, bzw. Pulpa in NE.

68 = Umrechnungsfaktor NE in mm^2

$\frac{1}{10}$ = Schichtabstand in mm

Die Ausrechnungen werden mit dem Rechenschieber durchgeführt und sind in den Tabellen im Anhang enthalten.

B. Ergebnisse der Volumenbestimmung von Schmelz, Dentin und Pulpa

Die Zähne wurden in Schichten abgeschliffen. Die Schichtflächen wurden durch Triafolabdrücke dokumentiert und auf Photopapier übertragen. Die Bestimmung der einzelnen Hartsubstanzflächen erfolgte mit dem Polarplanimeter. Das Schmelz- bzw. Dentin- bzw. Pulpavolumen eines Zahnes in mm^3 wurde mit dem Rechenschieber errechnet. Die Ergebnisse der 14 Zähne der Hauptuntersuchung sind nachstehend zusammengefaßt:

CORTISONTIERE					KONTROLLTIERE				
Serie Nr	Schmelz	Dentin	G. HS.	Pulpa	Serie Nr.	Schmelz	Dentin	G. HS.	Pulpa
11	0,85	1,98	2,83	1,16	18	1,04	2,36	3,40	1,30
12	0,76	1,53	2,39	1,08	19	0,92	2,40	3,32	1,27
13	0,86	2,09	2,95	1,10	20	0,93	2,33	3,26	1,13
14	1,01	2,46	3,47	1,39	21	0,96	2,53	3,49	1,61
15	1,04	2,17	3,21	1,32	22	1,00	2,59	3,59	1,47
16	0,97	2,49	3,46	1,61	23	1,06	2,57	3,63	1,34
17	1,00	2,56	3,56	1,34	24	1,01	2,79	3,80	1,41
F	± 0,03	± 0,13	± 0,16	± 0,07	F	± 0,03	± 0,06	± 0,07	± 0,05
M	0,93	2,18	3,11	1,29	M	0,97	2,51	3,50	1,36
E%	95,9	86,8	88,8	94,9	E%	100,0	100,0	100,0	100,0
	4,1%	13,2%	11,2%	5,1%					
D									
	?	!α=10%	!α=10%	?					

Zeichenerklärung zu der Tabelle

G. HS. = Gesamthartsubstanz
F = Einfacher, mittlerer, statistischer Fehler
M = Statistisches Mittel

E% = Ergebnis in Prozent (%)
D = Differenz zu Kontrolltieren
? = Statistisch nicht gesichert
! = Statistisch signifikant

In der Tabelle sind die Ergebnisse der einzelnen Zähne mit der entsprechenden Seriennummer aufgeführt. Die Werte geben die Teilvolumina je eines ganzen Zahnes an. Um die prozentualen Unterschiede zwischen Kontroll- und Cortisontieren festzustellen, werden die Mittelwerte aus den 7 Einzelmessungen jeder Spalte errechnet. Die Mittelwerte der Kontrolltiere werden jeweils 100% gesetzt. Darauf bezogen sind sämtliche Mittelwerte der Versuchstiere prozentual kleiner. Beim Vergleich der Prozentangaben der Kontrolltiere mit den entsprechenden der Cortisontiere ergibt sich folgendes Bild:

1. Im Schmelzvolumen wird ein Unterschied von 4,1% festgestellt.
2. Das Dentinvolumen der Cortisontiere ist 13,2% kleiner.
3. Das Hartsubstanzvolumen der Cortisontiere, also Schmelz und Dentin zusammen, ist um 11,2% vermindert.
4. Der Unterschied im Pulpavolumen beträgt 5,1%.

Die Frage, ob es sich bei den festgestellten Abweichungen um zufällige Ergebnisse oder um echte Unterschiede handelt, wurde mit Hilfe des t-Testes statistisch nachgeprüft. Für t gilt:

$$t = \frac{\bar{x}_a - \bar{x}_b}{\sqrt{\frac{(\sum x_i^2 - \bar{x} \cdot \sum x_i)\, a + (\sum x_i^2 - \bar{x} \sum x_i)\, b}{Na + Nb - 2}}} \cdot \sqrt{\frac{Na \cdot Nb}{Na + Nb}}$$

Ein echter Unterschied ist gegeben, wenn bei geforderter Signifikanz (α) t gleich oder größer einem bestimmten Wert ist. Die entsprechenden Werte wurden aus BURN, J. H. (Documenta Geigy, 1960) entnommen. Dabei zeigte sich:

1. Der im Bereich des Schmelzes festgestellte Volumenunterschied von 4,1% kann statistisch nicht gesichert werden. Dieser Unterschied ist als zufällig entstanden zu betrachten.
2. Der im Bereich des Dentins festgestellte Volumenunterschied von 13,2% ist statistisch signifikant und mit 10% Irrtumswahrscheinlichkeit gesichert (α = 10%).
3. Der im Bereich der Hartsubstanzen (Schmelz und Dentin zusammen) festgestellte Volumenunterschied von 11,2% ist statistisch signifikant und mit 10% Irrtumswahrscheinlichkeit gesichert (α = 10%).
4. Der im Bereich der Pulpa festgestellte Volumenunterschied von 5,1% kann statistisch nicht gesichert werden. Dieser Unterschied ist als zufällig entstanden zu betrachten.

III. DISKUSSION

In einer Leitstudie mit Prüfzylindern definierter Größe wurde ein eigenes Verfahren zur detaillierten Volumenbestimmung von Rattenmolaren erprobt. Die Methode in sich arbeitet mit einer Genauigkeit von ± 3% und ist somit als Relativverfahren für vergleichende Untersuchungen geeignet. In der Hauptuntersuchung wurden Rattenmolaren von Cortisontieren gegen Molaren von Kontrolltieren ausgewertet. Die Hauptuntersuchung war dazu bestimmt, die prozentualen Volumenunterschiede in den Hartsubstanzen im einzelnen festzustellen. Angesichts dieser Fragestellung ist ein methodischer Fehler, der sich in gleicher Weise auf die Volumenbestimmung bei Kontroll- und Cortisontieren auswirkt, unerheblich, sofern dieser Fehler kleiner ist als der festzustellende Unterschied.

Die Hauptuntersuchung ergab, daß sich der Einfluß von Hydrocortison vorwiegend auf die Dentinbildung auswirkt. Dies bestätigt und erweitert die Ergebnisse von JOHANNESSON, L. B. (1964), der in seiner Untersuchung eine schwerwiegende Hemmung der Dentinapposition durch Cortison fand. In seiner Arbeit wurde die Dentinzunahme an unentkalkten, zentralen Schnitten in mesio-distaler Richtung von Rattenmolaren gemessen. Die vergleichenden Untersuchungen der vorliegenden Arbeit dagegen wurden am ganzen Zahn, unter Berücksichtigung der von ihm eingeschlossenen Pulpa, durchgeführt. JOHANNESSON, L. B. (1964) ermittelte die Dentinzunahme in Mikron ($1\ \mu$ = Mikron = 10^{-3} mm), einem Längenmaß. In der vorliegenden Arbeit dagegen wurden die Hartsubstanzvolumina im einzelnen in mm^3, einem Raummaß, untersucht. Die Ergebnisse wurden in Prozent ausgedrückt, um die Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchstieren zu veranschaulichen. Die Resultate von JOHANNESSON, L. B. (1964) und dieser Arbeit sind nicht direkt miteinander vergleichbar, da dieser Cortison in Form von mehreren, verschiedenen Diäten verabreichte, während in unserem Falle Hydrocortison vom ersten Lebenstage an gespritzt wurde.

In der Literatur gibt es zahlreiche Angaben, daß Hydrocortison alle Reaktionen des mesenchymalen Systems hemmt. Biologische Vorgänge, wie z. B. Wundheilung durch Granulations- und Narbenbildung bzw. Infektions-

abwehr, also der Stoffwechsel des embryonalen Bindegewebes und seiner entwicklungsgeschichtlichen Differenzierungsformen, sind Funktionen des mesenchymalen Systems. Die Reduktion der Antikörperbildung, die Hemmwirkung auf die Tätigkeit des lymphatischen Gewebes und auf das Knochenwachstum sind auf Grund der zentralen Stellung der Mesenchymzelle während der Entwicklung somit nicht verwunderlich.

Das Dentinvolumen der Cortisontiere ist 13,2% kleiner als das der Kontrolltiere. Dieses auffallende Ergebniss darf als weiterer Beweis für die Hemmwirkung von Hydrocortison auf das mesenchymale System angesehen werden, da es statistisch gesichert werden konnte. Entwicklungsgeschichtlich werden ja die Odontoblasten aus Kopfmesenchym gebildet, während dagegen die Adamantoblasten vom Mundhöhlenepitel abstammen. Damit ließe sich erklären, warum Hydrocortison quantitativ die Schmelzbildung im Unterschied zur Dentinbildung nicht wesentlich beeinflußt.

Das Hartsubstanzvolumen der Cortisontiere ist um 11,2% vermindert. Eine genaue Interpretation dieses Wertes ist nicht möglich, da statistisch nicht gesichert werden konnte, daß das Schmelzvolumen der Cortisontiere 4,1% kleiner ist. Die statistische Signifikanz der 11,2% ergibt sich folglich durch den überwiegenden Dentinanteil des Hartsubstanzvolumens.

Das Pulpavolumen der Cortisontiere ist um 5,1% reduziert. Dies konnte statistisch nicht gesichert werden.

Da sämtliche Ergebnisse für die Cortisontiere kleiner ausfielen, ist der Schluß berechtigt, daß die Zähne der Cortisontiere insgesamt kleiner sind.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit wurde der Einfluß von Hydrocortison auf die Entwicklung des Zahnvolumens bei der Albinoratte untersucht. Die Tiere erhielten Hydrocortisonacetat unter die Rückenhaut injiziert. Die Injektionen von jeweils 0,01 ml Kristallsuspension ($\hat{=}$ 0,25 mg Hydrocortisonacetat Hoechst) erfolgten am 1., 3., 7., 15., 20., 25. sowie 30. Lebenstage. Bei dieser Versuchsanordnung ist der Einfluß von Hydrocortison für den 2. Molaren während der gesamten Entwicklungsperiode gewährleistet. Deshalb wurde die Hauptuntersuchung an 2. Molaren durchgeführt.

Zunächst mußte ein eigenes Verfahren entwickelt werden, das es erlaubt, Schmelz-, Dentin- und Pulpavolumen bei Rattenmolaren getrennt zu erfassen. Dieses Verfahren arbeitet nach dem Prinzip, einen Zahn in zahlreiche, planparallele Schichten aufzuteilen und diese dann rechnerisch wieder zusammenzusetzen.

Eine Leitstudie mit 6 Prüfzylindern definierter Größe (Radius 1 mm, Höhe 3 mm $\hat{=}$ Größe eines Rattenmolaren) beweist die Brauchbarkeit des Verfahrens. Zwar muß bei einer Volumenbestimmung mit 11% Verlust gerechnet werden - dieser Fehler ist komplexer, methodischer Art, d. h. gleichbleibend - aber das Verfahren in sich arbeitet mit einer Genauigkeit von ± 3%. Es ist also für vergleichende Volumenbestimmungen geeignet.

Die Hauptuntersuchung wurde an 2. Unterkiefermolaren von Albinoratten durchgeführt. Es wurden 7 Zähne von Cortisontieren gegen 7 Zähne von Kontrolltieren ausgewertet.

Ergebnis:

1. Das Schmelzvolumen ist unverändert. Der ermittelte Unterschied von 4,1% läßt sich statistisch nicht sichern.
2. Das Dentinvolumen der Cortisontiere ist 13,2% kleiner. Dieses Ergebnis ist statistisch signifikant.
3. Das Hartsubstanzvolumen (Schmelz und Dentin zusammen) der Cortisontiere ist um 11,2% vermindert. Dies erwies sich als statistisch signifikant.

4. Das Pulpavolumen wird nicht beeinflußt. Der gefundene Volumenverlust von 5,1% läßt sich statistisch nicht sichern.

Die Resultate erlauben folgende Schlußfolgerungen:

Da sämtliche Ergebnisse für die Cortisontiere kleiner ausfielen, sind die Zähne insgesamt im Volumen kleiner.

Hydrocortisongaben während der Zahnentwicklungsphase führen zu einer Verminderung vorwiegend des Dentinvolumens.

V. LITERATURVERZEICHNIS

1. ATKINSON, H. F. — A Section Cutting-Machine
Brit. Dent. J. 84 260 ff. (1939)

2. BAKER, B. L. and INGLE, D. J. — Growth Inhibition in Bone and Bone Marrow Following Treatment with Adrenocorticotropin (ACTH)
Endocrinology 43 422-429 (1948)

3. BECKS, H., SIMPSON, M. E., LI, C. H. and EVANS, H. M. — Effects of Adrenocorticotropic Hormone (ACTH) on the Osseus System in Normal Rats
Endocrinology 34 305-310 (1944)

4. BOENIG, H. — Leitfaden der Entwicklungsgeschichte des Menschen
8. Auflage von R. Bertolini
Edition Leipzig (1965)

5. BREUER, H. — Dtsch. med. Wschr. 90 277
(1965) zit. nach Kaiser, H. (1961)

6. BÜTTNER, W. — Apparat zur Herstellung unentkalkter Serienschnitte menschlicher Zähne
Dtsch. zahnärztl. Z. 11 1068 ff.
(1956)

7. BURCKHARDT, W. — Anwendbarkeit und Grenzen der Oberflächenhistologie (Replica-Methodik) an Zahnschliffen
Med. Diss. Tübingen (1964)

8. BURN, J. H. — Biological Standardization
2. Auflage Oxford: Appendix II
Documenta Geigy, wissenschaftliche Tabellen
6. Auflage 32-35 (1960)

9. FIELD, E. J. — Effect of Cortisone on the Neonatal Rat
Nature Lond. 174 12 (1954)

10. FISCHER, E.
Der Einfluß von Hydrocortison während der Zahnentwicklungsperiode auf die Härte von Schmelz und Dentin bei Rattenmolaren
Med. Diss. Tübingen (1969)

11. FOLLIS, R. H., Jr.
Effect of Cortisone on Growing Bones of the Rat
Proc. Soc. exp. Biol. N. Y. 76 722-724 (1951)

12. HAGEMANN, E.
Ratte und Maus, Versuchstiere in der Forschung
Berlin: Walter de Gruyter & Co (1960)

13. HALLÊN, O. und RÖCKERT, H.
The Preparation of Plane Parallel Sections of Desired Thickness of Mineralized Tissues
Odont. Tskr. 3 (1960)

14. JANSEN, M. T.
An Improved Method for Preparing Serial Sections of Undecalcified Tissues
J. dent. Res. 29 401 ff. (1950)

15. JOHANNESSON, L. B.
Effects of Cortisone on Dentinogenesis in Mandibular First Molars of Albinorats
Arch. oral. biol. 9 421-434 (1964)

16. KAISER, H.
Cortisonderivate in Klinik und Praxis
4. Aufl. Stuttgart: Thieme (1961)

17. KLAUS, H. D.
Der Kavitätenrand unter besonderer Berücksichtigung des Verlaufs der Schmelzprismen und der Verwendung normal- sowie höchsttouriger Bohrer
Med. Diss. Tübingen (1964)

18. KUSCHINSKY, G. und LÜLLMANN, H.
Kurzes Lehrbuch der Pharmakologie
2. Aufl. Stuttgart: Thieme (1966)

19. LEFKOWITZ, W.
A Sectioning and Planing Machine for Plano-Parallel Tooth-Sections
J. dent. Res. 20 77 ff. (1941)

20. O. BRIEN, C., SURINDAR, M. S., N. BHASKAR and BRODIE, A. G.
Eruptiv Mechanism and Movement in the First Molar of the Rat
J. dent. Res. 37 467-484 (1958)

21. PANTKE, H.
Die Replica-Technik
Stoma 9 86 ff. (1956)

22. PARMER, L. G., KATONAH, F., and ANGRIST, A. A.
Comparative Effects of ACTH, Cortisone, Corticosterone, Desoxycorticosterone, Pregnenolone on Growth and Development of Infant Rats
Proc. Soc. exp. Biol., N. Y. 77 215-218 (1951)

23. SIEHL, A.
Verbesserte Methode zur Herstellung von Serienschliffen
Paläontologische Zeitschrift 36 268-274 (1962)

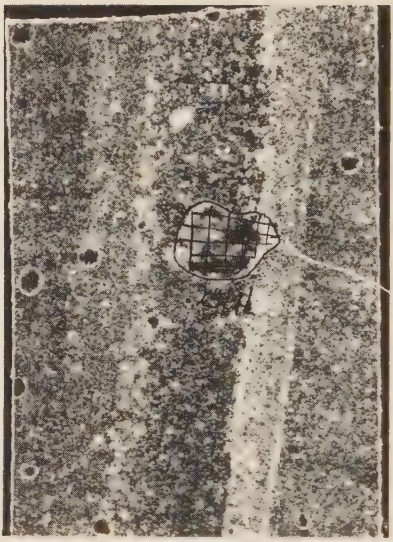
24. WELLS, B. B. and KENDALL, E. C.
The Influence of Corticosterone and C_{17} Hydroxydehydrocorticosterone (compound E) on Somatic Growth
Proc. Mayo clin. 15 324-328 (1940)

25. WÖRNER, H.
Der Einfluß von Hydrocortisongaben während der Zahnentwicklung auf Qualität und Bau der Zahnhartsubstanzen (Tierexperimentelle Untersuchungen)
Med. Habil. schrift. Tübingen (1969)

26. WOLF, J.
Über die Herstellung mikroskopischer Präparate der Oberflächen verschiedener Objekte mit Hilfe der Adhäsionsmethode
Z. f. wiss. Mikr. 2 (1939)

VI. ANHANG

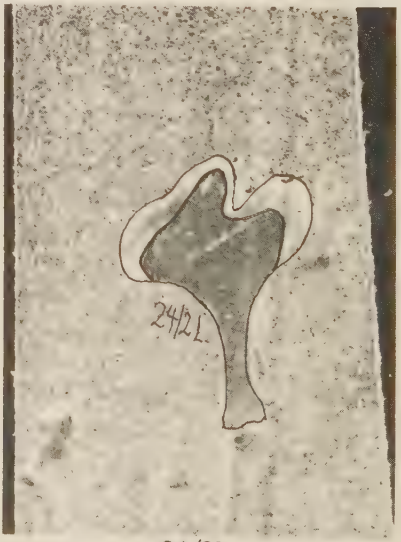
Triafolabdrücke der Präparatserie Nr. 24 (2. Molar der Albinoratte eines Kontrolltieres) 16,3 fach photomechanisch vergrößert. Die Hartsubstanzgrenzen und die Grenze zur Pulpa sind mit Tusche nachgezeichnet.



24/1L

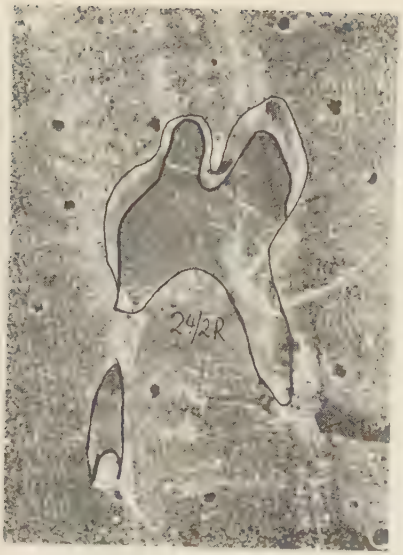
Die dokumentierte Fläche besteht nur aus Schmelz (mit Tusche aufgezeichnetes Gitter)

24/1R



24/2L

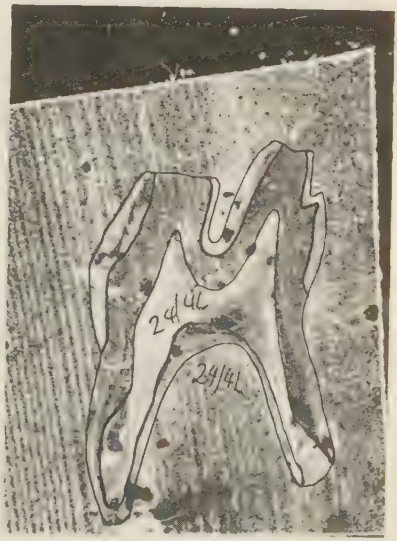
Schmelz-Dentingrenze deutlich sichtbar



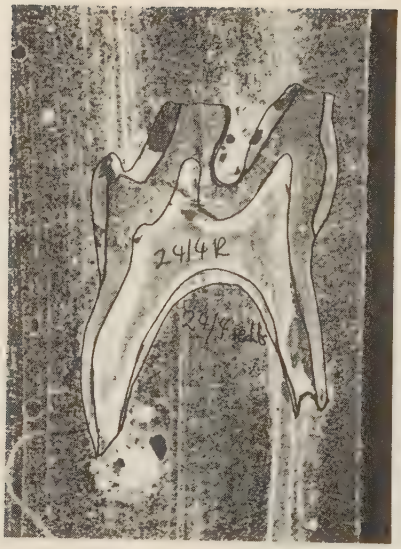
24/2R

24/3L

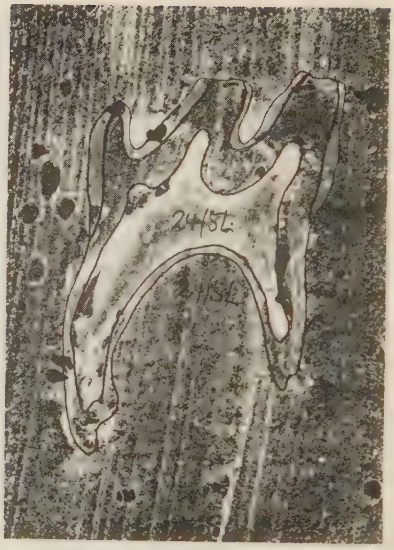
24/3R



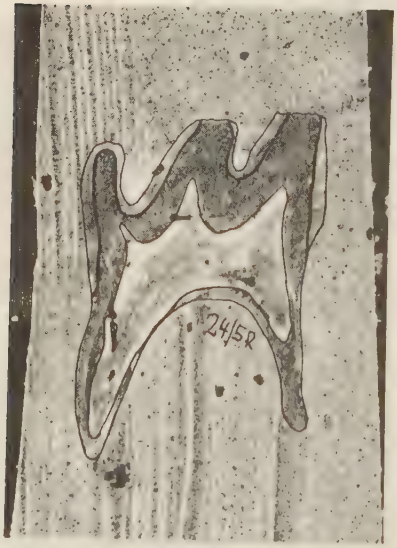
24/4L



24/4R



24/5L

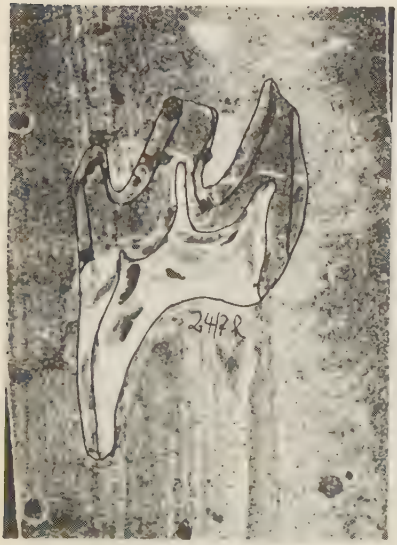


24/5R

24/6L

24/6R

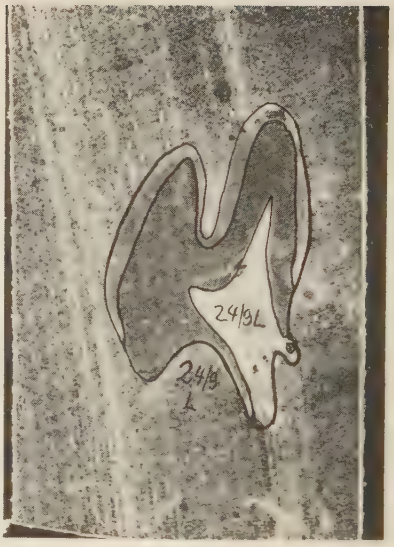
24/7L



24/7R

24/8L

24/8R



24/9L

24/9R

24/10L

24/10R

Tabellen der Flächeninhalte in Noniuseinheiten (NE) und Ausrechnung der Volumina in mm^3.

PRÜFKÖRPER

Serie Nr. 1	Schicht-flächen	Schicht-volumina	Serie Nr. 2	F	V	Serie Nr. 3	F	V
Präparat Nr.	F	V	Präparat Nr.			Präparat Nr.		
1 Links	108	29,0	1 L	136	39,3	1 L	12	6,7
1 Rechts	182	37,3	1 R	257	57,5	1 R	55	16,5
2 L	191	38,6	2 L	318	68,8	2 L	110	29,7
2 R	195	38,5	2 R	370	75,6	2 R	187	44,4
3 L	190	38,4	3 L	386	76,9	3 L	257	58,0
3 R	194	38,7	3 R	383	75,2	3 R	323	66,9
4 L	193	38,7	4 L	369	70,1	4 L	346	69,7
4 R	194	38,8	4 R	332	57,2	4 R	351	70,5
5 L	194	38,8	5 L	240	41,5	5 L	354	66,0
5 R	194	38,8	5 R	175	17,5	5 R	306	53,9
6 L	194	38,7				6 L	233	39,7
6 R	193	39,1				6 R	164	23,0
7 L	198	39,4				7 L	66	9,3
7 R	196	39,3				7 R	27	2,7
8 L	197	19,7						
Gesamt- "(NE)"		551,8	Gesamt- "(NE)"		579,6	Gesamt- "(NE)"		557,0
volumen mm^3		8,14	volumen mm^3		8,53	volumen mm^3		8,20

68 (NE) $\hat{=}$ 1 mm^2

Serie Nr. 4	F	V
Präparat Nr.		
1 L	64	20,8
1 R	144	32,1
2 L	177	40,0
2 R	223	45,1
3 L	228	46,4
3 R	236	47,3
4 L	237	47,6
4 R	239	47,5
5 L	236	47,0
5 R	234	47,2
6 L	238	45,2
6 R	214	36,7
7 L	153	24,3
7 R	90	15,7
8 L	67	10,0
8 R	33	3,3
Gesamt- "(NE)"		556,2
volumen mm^3		8,18

Serie Nr. 5	F	V
Präparat Nr.		
1 L	40	19,6
1 R	156	42,9
2 L	273	60,8
2 R	335	69,0
3 L	355	72,6
3 R	371	73,9
4 L	368	72,6
4 R	358	68,0
5 L	322	55,1
5 R	229	28,9
6 L	60	8,4
6 R	24	2,4
Gesamt- "(NE)"		574,2
volumen mm^3		8,45

Serie Nr. 6	F	V
Präparat Nr.		
1 L	18	12,2
1 R	104	22,6
2 L	141	34,9
2 R	208	41,3
3 L	205	40,9
3 R	204	41,0
4 L	206	41,2
4 R	206	41,0
5 L	204	40,9
5 R	205	40,6
6 L	201	40,3
6 R	202	40,3
7 L	201	40,9
7 R	208	41,3
8 L	205	36,1
8 R	156	24,9
9 L	93	10,3
9 R	10	1,0
Gesamt- "(NE)"		591,7
volumen mm^3		8,69

ZÄHNE

Serie Nr. 11

Cortisontier Präparat Nr.	A Gesamt	B Dentin+Pulpa	A-B Schmelz	C Pulpa	B-C Dentin
		Schichtflächen			
1 Links	45	-	45	-	-
1 Rechts	94	66	28	-	66
2 L	126	98	28	-	98
2 R	167	130	37	25	105
3 L	182	147	35	50	97
3 R	196	160	36	61	99
4 L	187	149	38	77	72
4 R	146	119	27	57	62
5 L	168	137	31	61	76
5 R	172	140	32	69	71
6 L	170	145	25	70	75
6 R	181	153	28	86	67
7 L	181	153	28	76	57
7 R	187	161	26	75	86
8 L	168	142	26	44	98
8 R	130	106	24	37	69
9 L	100	82	18	-	82
9 R	83	65	19	-	65
10 L	22	-	22	-	-
10 R	22	-	22	-	-
"NE"			575	788	1345
Total mm^3			0,85	1,16	1,98

mesial-distal = 2,03 mm buccal-lingual = 2,04 mm occlusal-apical = 2,88 mm

Serie Nr. 12

Cortisontier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	21	-	21	-	-
1 R	77	49	28	10	39
2 L	117	88	29	23	65
2 R	148	119	29	31	88
3 L	169	137	32	58	79
3 R	171	144	27	73	71
4 L	148	114	34	59	55
4 R	178	143	35	62	81
5 L	149	122	27	43	79
5 R	150	132	18	51	81
6 L	174	145	29	70	75
6 R	171	144	27	77	67
7 L	167	139	28	65	74
7 R	170	134	36	60	74
8 L	105	92	13	38	54
8 R	77	53	24	15	38
9 L	50	11	39	-	11
9 R	50	11	39	-	11
"NE"			515	735	1042
Total mm^3			0,76	1,08	1,53

m-d = 1,80 mm b-l = 1,75 mm o-a = 2,80 mm

Serie Nr. 13 Cortisontier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	47	10	37	-	10
1 R	83	47	36	-	47
2 L	106	76	30	-	76
2 R	130	103	27	-	103
3 L	150	114	36	-	114
3 R	185	150	35	56	94
4 L	188	153	35	74	79
4 R	178	144	34	67	77
5 L	169	137	32	70	67
5 R	167	136	31	62	74
6 L	171	143	28	64	79
6 R	184	156	28	74	82
7 L	184	158	26	82	76
7 R	198	171	27	97	74
8 L	189	164	25	70	94
8 R	126	98	28	23	75
9 L	101	75	26	9	66
9 R	80	54	26	-	54
10 L	61	41	20	-	41
10 R	61	41	20	-	41
"NE"			587	748	1423
Total mm^3			0,86	1,10	2,09

m-d = 2,05 mm b-l = 2,02 mm o-a = 2,87 mm

Serie Nr. 14

Cortisontier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	48	28	20	-	28
1 R	123	98	25	-	98
2 L	138	116	22	54	62
2 R	141	120	21	42	78
3 L	159	132	27	48	84
3 R	167	138	29	41	97
4 L	169	142	27	45	97
4 R	170	143	27	60	83
5 L	175	142	33	55	87
5 R	195	157	38	65	92
6 L	191	152	39	76	76
6 R	238	200	38	79	121
7 L	232	195	37	99	96
7 R	244	209	35	108	101
8 L	219	183	36	87	96
8 R	208	170	38	59	111
9 L	160	121	39	30	91
9 R	111	80	31	--	80
10 L	86	47	39	-	47
10 R	86	47	39	-	47
11 L	47	-	47	-	-
"NE"			687	948	1672
Total mm^3			1,01	1,39	2,46

m-d = 2,05 mm b-1 = 2,14 mm o-a = 2,90 mm

Serie Nr. 15 Cortisontier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	70	-	70	-	-
1 R	144	113	31	15	98
2 L	179	139	40	19	120
2 R	188	150	38	58	92
3 L	206	168	38	57	111
3 R	196	160	36	68	92
4 L	213	169	44	64	105
4 R	191	148	43	78	70
5 L	193	162	31	78	84
5 R	191	160	31	94	66
6 L	209	177	32	85	92
6 R	208	176	32	94	82
7 L	191	163	28	91	72
7 R	182	158	24	57	101
8 L	157	124	33	40	84
8 R	125	98	27	-	98
9 L	91	53	38	-	53
9 R	91	53	38	-	53
10 L	53	-	53	-	-
"NE"			707	898	1473
Total mm^3			1,04	1,32	2,17

m-d = 1,97 mm b-l = 1,94 mm o-a = 3,10 mm

Serie Nr. 16

Cortisontier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	53	37	16	1-	37
1 R	179	154	25	47	107
2 L	197	168	29	30	138
2 R	201	175	26	91	84
3 L	210	181	29	95	86
3 R	223	199	24	104	95
4 L	206	180	26	87	93
4 R	204	175	29	88	87
5 L	193	166	27	80	86
5 R	190	160	30	86	74
6 L	180	152	28	61	91
6 R	204	173	31	67	106
7 L	188	155	33	75	80
7 R	191	160	31	75	85
8 L	186	155	31	72	83
8 R	177	140	37	40	100
9 L	141	99	42	-	99
9 R	95	63	32	-	63
10 L	78	33	45	-	33
10 R	78	33	45	-	33
11 L	78	33	45	-	33
"NE"			661	1098	1693
Total mm^3			0,97	1,61	2,49

m-d = 2,02 mm b-l = 2,13 mm o-a = 3,20 mm

Serie Nr. 17 Cortisontier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	114	91	23	1-	91
1 R	150	121	29	12	109
2 L	183	151	32	67	84
2 R	194	164	30	53	111
3 L	210	182	28	80	102
3 R	211	180	31	85	95
4 L	201	167	34	86	81
4 R	189	158	31	72	86
5 L	171	146	25	63	83
5 R	167	138	29	73	65
6 L	170	137	33	72	65
6 R	172	136	36	68	68
7 L	190	151	39	59	92
7 R	196	159	37	52	107
8 L	174	140	34	48	92
8 R	156	118	38	20	98
9 L	131	89	42	-	89
9 R	87	56	31	-	56
10 L	88	55	33	-	55
10 R	89	55	34	-	55
11 L	89	56	33	-	56
"NE"			682	910	1740
Total mm^3			1,00	1,34	2,56

m-d = 2,03 mm b-l = 2,10 mm o-a = 2,85 mm

Serie Nr. 18 Kontrolltier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	73	-	56	-	17
1 R	118	89	29	-	89
2 L	148	115	33	-	115
2 R	114	95	19	-	95
3 L	187	163	24	62	101
3 R	193	161	32	53	108
4 L	223	190	33	76	114
4 R	215	176	39	82	94
5 L	189	155	34	88	67
5 R	199	165	34	82	83
6 L	197	166	31	88	78
6 R	200	165	35	80	85
7 L	213	171	42	65	106
7 R	220	173	47	68	105
8 L	211	167	44	68	99
8 R	198	153	45	63	90
9 L	142	102	40	11	91
9 R	78	33	45	-	33
10 L	78	33	45	-	33
	"NE"		707	886	1603
Total	mm^3		1,04	1,30	2,36

m-d = 1,95 mm b-l = 1,97 mm o-a = 2,95 mm

Serie Nr. 19

Kontrolltier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	31	19	12	-	19
1 R	58	33	25	-	33
2 L	98	74	24	4	70
2 R	127	89	38	10	79
3 L	157	124	33	37	87
3 R	181	141	40	33	108
4 L	158	130	28	41	89
4 R	179	143	36	64	79
5 L	189	145	44	67	78
5 R	201	160	41	73	87
6 L	194	160	34	68	92
6 R	207	176	31	67	109
7 L	216	180	36	82	98
7 R	215	182	33	97	85
8 L	206	177	29	91	86
8 R	197	165	32	76	89
9 L	177	149	28	52	97
9 R	136	107	29	-	107
10 L	113	87	26	-	87
10 R	78	52	26	-	52
"NE"			625	862	1631
Total mm^3			0,92	1,27	2,40

m-d = 2,00 mm b-l = 1,98 mm o-a = 2,95 mm

Serie Nr. 20 Kontrolltier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	58	14	44	-	14
1 R	94	73	21	-	73
2 L	127	105	22	-	105
2 R	172	148	24	36	112
3 L	202	169	33	54	115
3 R	185	155	30	58	97
4 L	181	150	31	68	82
4 R	192	160	32	78	82
5 L	165	133	32	63	70
5 R	181	147	34	80	67
6 L	176	145	31	67	78
6 R	190	152	38	67	85
7 L	173	133	40	51	82
7 R	198	159	39	61	98
8 L	201	161	40	58	103
8 R	174	135	39	24	111
9 L	124	86	38	-	86
9 R	104	71	33	-	71
10 L	81	50	31	-	50
Total "NE"			632	765	1581
Total mm^3			0,93	1,13	2,33

m-d = 1,96 mm b-l = 1,94 mm o-a = 2,95 mm

Serie Nr. 21 Kontrolltier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	63	40	23	-	40
1 R	107	77	30	10	67
2 L	136	100	36	15	85
2 R	175	138	37	16	122
3 L	181	144	37	41	103
3 R	203	167	36	66	101
4 L	205	169	36	82	87
4 R	203	161	42	74	87
5 L	204	164	40	84	80
5 R	212	177	35	93	84
6 L	230	196	34	85	111
6 R	231	199	32	109	90
7 L	216	183	33	101	82
7 R	231	200	31	108	92
8 L	225	191	34	94	97
8 R	204	173	31	79	94
9 L	197	167	30	41	126
9 R	154	122	32	-	122
10 L	64	39	25	-	39
10 R	42	24	18	-	24
"NE"			652	1098	1733
Total mm^3			0,96	1,61	2,53

m-d = 2,03 mm b-l = 2,07 mm o-a = 3,22 mm

Serie Nr. 22 Kontrolltier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	25	-	25	-	20
1 R	116	80	36	10	70
2 L	136	91	45	15	76
2 R	186	153	33	18	135
3 L	213	180	33	79	101
3 R	208	170	38	72	98
4 L	210	170	40	77	93
4 R	202	164	38	82	82
5 L	180	147	33	76	71
5 R	183	144	39	62	82
6 L	204	170	34	78	92
6 R	228	191	37	94	97
7 L	224	187	37	91	96
7 R	210	181	29	88	93
8 L	225	194	31	90	104
8 R	209	177	32	58	119
9 L	151	119	32	7	112
9 R	117	89	28	-	89
10 L	94	65	29	-	65
10 R	94	65	29	-	65
"NE"			678	997	1760
Total mm^3			1,00	1,47	2,59

m-d = 2,03 mm b-l = 2,02 mm o-a = 3,05 mm

Serie Nr. 23 Kontrolltier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	74	32	42	-	32
1 R	95	65	30	-	65
2 L	163	126	37	21	105
2 R	196	153	43	23	130
3 L	205	163	42	60	103
3 R	218	179	39	78	101
4 L	207	169	38	69	100
4 R	200	160	40	72	88
5 L	200	164	36	79	85
5 R	200	166	64	70	96
6 L	194	159	35	77	82
6 R	213	174	39	66	108
7 L	208	172	36	73	99
7 R	231	199	32	79	120
8 L	223	186	37	80	106
8 R	203	171	32	35	155
9 L	147	116	31	30	86
9 R	52	29	23	-	29
10 L	52	29	23	-	29
10 R	52	29	23	-	29
"NE"			722	912	1748
Total mm^3			1,06	1,34	2,57

m-d = 2,05 mm b-l = 2,05 mm o-a = 3,10 mm

Serie Nr. 24 Kontrolltier Präparat Nr.	A	B	A-B	C	B-C
1 L	25	-	25	-	-
1 R	55	31	24	-	31
2 L	99	64	35	-	64
2 R	156	124	32	4	120
3 L	208	166	42	7	159
3 R	232	196	36	86	110
4 L	246	209	37	80	129
4 R	239	207	32	104	103
5 L	238	211	27	94	117
5 R	219	188	31	80	108
6 L	209	180	29	76	104
6 R	189	155	34	73	82
7 L	203	171	32	87	84
7 R	198	162	36	75	87
8 L	212	172	40	63	109
8 R	202	165	37	53	112
9 L	179	140	39	40	100
9 R	163	125	38	37	88
10 L	115	81	34	-	81
10 R	78	53	25	-	53
11 L	78	53	25	-	53
"NE"			690	959	1895
Total mm^3			1,01	1,41	2,79

m-d = 2,06 mm b-l = 2,10 mm o-a = 3,25 mm

Herrn Privatdozent Dr. H. Wörner danke ich für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Arbeit. Herrn Professor Dr. Dr. E. Fröhlich bin ich für die Berichterstattung dankbar.

Lebenslauf

Ich, Armin Landenberger, wurde am 19. Dezember 1944 als Sohn des Dipl. Ing. Architekten Richard Landenberger und seiner Ehefrau Ruth, geborene Buchholz, in Reutlingen geboren.

Die Grundschule besuchte ich in Reutlingen, wo ich 1954 in das Friedrich-List-Gymnasium eintrat und im März 1963 die Reifeprüfung bestand.

Im Sommer- und Wintersemester 1963/64 besuchte ich die Universität Erlangen als Studierender der Zahnheilkunde. Seit dem Sommersemester 1964 bin ich an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen immatrikuliert. Im Wintersemester 1965/66 bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung. Am 11. Dezember 1968 legte ich das Staatsexamen ab. Seit Januar 1969 arbeite ich in einer zahnärztlichen Praxis in Reutlingen als Assistent.